

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра основ архітектурного проектування,
конструювання та графіки

03-07-81М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсового проектування
на тему «Теплотехнічний розрахунок»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Будівництво та цивільна інженерія»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
денної форми навчання.

Рекомендовано
науково-методичною радою з якості
Навчально-наукового інституту
Будівництва та архітектури
Протокол № 8 від 08.06.2021 р.

Рівне – 2021

Методичні вказівки до курсового проектування на тему «Теплотехнічний розрахунок» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної форми навчання. [Електронне видання] / Пугачов Є. В., Літніцький С. І., Зданевич В. А., Кундрат Т. М. – Рівне : НУВГП, 2021. – 64 с.

Укладачі: Пугачов Є. В., доктор технічних наук, професор, професор кафедри основ архітектурного проектування, конструювання та графіки;
Літніцький С. І., к. т. н., доцент кафедри основ архітектурного проектування, конструювання та графіки;
Зданевич В. А., старший викладач кафедри основ архітектурного проектування, конструювання та графіки;
Кундрат Т. М., к. т. н., доцент кафедри основ архітектурного проектування, конструювання та графіки.

Керівник групи забезпечення спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

к.т.н., доцент Караван В. В.

© Пугачов Є. В., Літніцький С. І.,
Зданевич В. А., Кундрат Т. М., 2021
© НУВГП, 2021

3MICT

Вступ.....**Ошибка! Закладка не определена.**

1. Теоретичні відомості....**Ошибка! Закладка не определена.**

1.1. Теплотехнічний розрахунок термічно однорідної огорожувальної конструкції
.....**Ошибка! Зкладка не определена.**

1.2. Особливості розміщення теплоізоляційних матеріалів та повітряних прошарків в огорожувальних конструкціях.....6

2. Методичні вказівки до виконання теплотехнічного
розрахунку огорожувальної конструкції..... 8

3. Приклад теплотехнічного розрахунку зовнішньої стіни житлового будинку за зимових стаціонарних умов 14

4. Приклади теплотехнічних розрахунків 26

4.1. Теплотехнічний розрахунок термічно однорідної
зовнішньої стіни за зимових стаціонарних умов 26

4.1.1. Теплотехнічний розрахунок вентиляованої стіни
житлового будинку 26

4.1.2. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни
офісного центра..... 28

4.1.3. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни
промислової будівлі..... 31

4.2. Теплотехнічний розрахунок покриття промислової будівлі. 35

5. Питання для самостійної підготовки..... 38

6. Список рекомендованої літератури 39Додаток А. Карта-схема температурних зон України 40

Додаток Б. Мінімально допустиме значення опору
теплопередачі огорожувальної конструкції..... 41

Додаток В. Тепловологісний режим приміщень, матеріалів у конструкціях та температура зовнішнього повітря.....	43
Додаток Г. Розрахункові теплофізичні характеристики будівельних матеріалів	45
Додаток Д. Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі поверхонь	53
Додаток Е. Максимальна пружність водяної пари.....	54
Додаток Ж. Визначення температури поверхні кутка будівлі ...	56
Додаток И. Лінійні коефіцієнти теплопередачі	57
Додаток К. Точкові коефіцієнти теплопередачі	59
Додаток Л. Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця температур.....	61
Додаток М. Терміни та визначення понять.....	62

ВСТУП

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій виконується у курсовому і дипломному проектуванні студентами, що навчаються за спеціальностями 192 “Будівництво та цивільна інженерія”. Необхідність даних методичних вказівок викликана появою нових теплотехнічних норм проектування, в яких суттєво підвищені вимоги щодо мінімального термічного опору огорожувальних конструкцій та змінені деякі підходи до розрахунку [1, 2]. В методичних вказівках розглянуті характерні приклади теплотехнічного розрахунку різних огорожувальних конструкцій будівель різного призначення і наведений необхідний довідковий матеріал.

Методичні вказівки можуть бути використані в курсовому та дипломному проектуванні студентами спеціальності

191 “Архітектура та містобудування” для виконання
теплотехнічних розрахунків огорожувальних конструкцій.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1.1. РОЗРАХУНОК ТЕРМІЧНО ОДНОРІДНОЇ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Теплообмін між тілами, що знаходяться в деякому середовищі, може відбуватися за рахунок теплопровідності, конвекції та випромінювання. Залежно від фізико-хімічних та геометричних характеристик (температури, структури, форми тощо) матеріалів та оточуючого середовища переважатиме той чи інший вид теплообміну.

Приміщення будівель ізолювані від зовнішнього середовища огороджувальними конструкціями, що дозволяє створити в них необхідний мікроклімат. При незмінному стаціонарному тепловому потоці кількість теплоти Q (*питома*), що проходить через 1 м^2 однорідної огороджувальної конструкції нормально до її поверхні за одиницю часу, визначають за рівнянням Фур'є для теплопровідності:

$$Q = \lambda \cdot \frac{\tau_6 - \tau_3}{\delta}, \quad (1)$$

де δ – товщина однорідної конструкції, м; τ_6, τ_3 – значення температур на внутрішній та зовнішній поверхнях відповідно, $^{\circ}\text{C}$.

Величину, що показує, яка кількість теплоти передається нормально до поверхні матеріалу шару площею 1 м^2 , товщиною 1 м за час 1 с при різниці температур на внутрішній та зовнішній поверхнях шару 1 К , називають *коефіцієнтом теплопровідності матеріалу* λ , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Коефіцієнт теплопровідності матеріалів визначають у сухому та зволоженому стані на підставі експериментальних випробувань [1, додаток А].

Величину, яка є відношенням товщини δ шару до коефіцієнта теплопровідності λ його матеріалу, називають *тепловим (термічним) опором шару* R і визначають за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \text{ де } i - \text{номер шару матеріалу.} \quad (2)$$

Опір теплопередачі всієї огорожувальної конструкції (термічно однорідної непрозорої) розраховують за формулою [1]:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (3)$$

де α_6, α_3 – коефіцієнти теплообміну (тепловіддачі) внутрішньої і зовнішньої поверхонь конструкції з внутрішнім та зовнішнім повітрям, $Bm/(m^2 \cdot K)$ [1, додаток Б].

Опір теплопередачі* конструкції R_{Σ} має бути не меншим від мінімально допустимого значення опору $R_{q \min}$ [1]:

$$R_{\Sigma} \geq R_{q \min}. \quad (4)$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі $R_{q \min}$ огорожувальної конструкції промислових будівель визначають залежно від значення безрозмірної величини теплової інерції огорожувальної конструкції D , що розраховується за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n (R_i \cdot s_i), \quad (5)$$

де s_i – коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу i -го шару, $Bm/(m^2 \cdot K)$; n – число шарів конструкції, рахуючи за напрямом теплового потоку.

1.2. ОСОБЛИВОСТІ РОЗМІЩЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ПОВІТРЯНИХ ПРОШАРКІВ В ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

При проектуванні теплоізоляційної оболонки будинку у вигляді багатошарових конструкцій теплоізоляційні матеріали

* для термічно неоднорідної конструкції розраховують приведенний опір теплопередачі $R_{\Sigma np}$ та порівнюють з мінімально допустимим.

(утеплювачі) слід розташовувати з зовнішньої сторони огорожувальної конструкції для запобігання накопичення в них вологи; не наскрізні теплопровідні вклучення – ближче до теплої сторони огороження, а наскрізні – мають бути ізолювані матеріалами з коефіцієнтом теплопровідності не більше $0,35 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Повітряні прошарки можуть бути як замкнені, так і вентилязовані. Замкнені прошарки рекомендують розташовувати ближче до зовнішньої поверхні і використовують для підвищення термічного опору конструкцій. Товщина прошарків – від 20 мм до 100 мм, а висота до 6 м, але не більше висоти поверху. Повітряний прошарок, відокремлений від зовнішнього повітря кладкою товщиною в одну цеглину або менше, не є замкненим [1].

Вентилювані прошарки проектують для видалення вологи з товщі конструкцій, а також для підвищення теплостійкості конструкцій. Оптимальна товщина вентилязованих прошарків у стінах становить від 60 мм до 100 мм, у покриттях – від 40 мм до 60 мм, довжина – не більше 24 м, а нахил покрівлі – не менше 6 %.

Вентилювані повітряні прошарки мають бути розташовані між зовнішнім захисно-опоряджувальним шаром та теплоізоляцією, поверхню якої захищають повітрогідрозахисним шаром. Шари конструкції, що розташовані між повітрогідрозахисним шаром та зовнішньою поверхнею конструкції, в розрахунку не враховуються.

2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Теплотехнічний розрахунок огорожувальної конструкції виконується в такій послідовності:

1. Визначаються вихідні дані для теплотехнічного розрахунку.

2. Визначається мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни $R_{q\ min}$ (за додатком Б).

3. Розраховується необхідна товщина утеплювача, опір теплопередачі для *термічно однорідної стіни* R_{Σ} та порівнюється з мінімально допустимим значенням опору $R_{q\ min}$.

4. Визначається розрахункова температура зовнішнього повітря; розраховується температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції t_e та температури на зовнішніх поверхнях шарів матеріалів стіни та будується лінія падіння температури на розрізі стіни.

5. Перевіряється на відповідність санітарно-гігієнічним вимогам різниця між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції.

6. Визначається точка роси у приміщенні і перевіряється можливість утворення конденсату на внутрішній площині стіни та в кутках будинку.

7. Визначається мінімально допустима товщина теплоізоляційного шару *термічно неоднорідної огорожувальної конструкції*.

8. Формулюються висновки щодо розрахунків і при необхідності коригується конструкція стіни.

Вихідними даними для розрахунку є параметри мікроклімату приміщення (температура внутрішнього повітря t_e і його відносна вологість ϕ_e); температурна зона району будівництва; теплотехнічні характеристики матеріалів шарів

стіни (розрахункові значення коефіцієнтів теплопровідності λ_i); розрахункова температура зовнішнього повітря t_3 ; значення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі теплопровідних включень. Необхідні для розрахунку дані наведені в додатках методичних вказівок та [1, 2].

На початку теплотехнічного розрахунку зовнішню стіну вважають термічно однорідною огорожувальною конструкцією та визначають необхідну товщину шару утеплювача $\delta_{ут.}$ в такій послідовності.

Визначається *температурна зона* району будівництва за картою додатку А.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни $R_{q\ min}$ визначається за додатком Б, в залежності від температурної зони.

Параметри мікроклімату приміщень (розрахункові значення температури внутрішнього повітря t_6 та відносної вологості φ_6) визначаються в залежності від призначення приміщення за нормами проектування відповідних будівель (орієнтовні значення для деяких будівель наведено в табл. В.1, додатку В).

Розрахункові значення коефіцієнтів теплопровідності λ_i матеріалів шарів визначаються за додатком Г в залежності від вологісних умов експлуатації матеріалу в огорожувальній конструкції (А або Б). Умови експлуатації матеріалу визначають таким чином: визначивши за *таблицею В.1* розрахункові значення температури та вологості повітря в приміщенні, визначають його вологісний режим (*табл. В.2*), а за *табл. В.3* – *вологісні умови експлуатації матеріалу* в зовнішній стіні.

Товщина утеплювача δ визначається за умови, що опір теплопередачі стіни дорівнює нормативному (1), за формулою (6) (наприклад, для 4-х шарової стіни, третій шар якої – утеплювач):

$$\delta_{ут.} \geq \left(R_{q\ min} - \left(\frac{1}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + R_4 + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right) \cdot \lambda_{ут.}, \quad (8)$$

Товщину утеплювача (збільшивши) заокруглюють та здійснюють перевірку: обчислюють за формулою (6) загальний

опір теплопередачі зовнішньої стіни R_{Σ} та порівнюють з мінімально необхідним $R_{q\min}$.

Результати розрахунку подають у вигляді такої таблиці:

Таблиця 1

№ з/п	Назва конструктивного шару	Густина $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Товщина $\delta, \text{м}$	Коеф. тепло-провідності $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	Термічний опір $R, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	2	3	4	5	6
1.					
2.					
3.					
4.					
$R_K =$					

Розрахункова температура зовнішнього повітря t_3 (взимку) визначається за таблицею В.4.

Для побудови лінії падіння температури на розрізі стіни за формулами (9) та (10) визначаються температури на внутрішній поверхні стіни:

$$\tau_6 = t_6 - \frac{t_6 - t_3}{R_{\Sigma}} \cdot \frac{l}{\alpha_6} \quad (9)$$

та на зовнішніх поверхнях всіх її шарів:

$$\begin{aligned} t_1 &= t_6 - \frac{t_6 - t_3}{R_{\Sigma}} \cdot \left(\frac{l}{\alpha_6} + R_1 \right); \\ t_2 &= t_6 - \frac{t_6 - t_3}{R_{\Sigma}} \cdot \left(\frac{l}{\alpha_6} + R_1 + R_2 \right); \\ t_3 &= t_6 - \frac{t_6 - t_3}{R_{\Sigma}} \cdot \left(\frac{l}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + R_3 \right); \\ t_4 &= t_6 - \frac{t_6 - t_3}{R_{\Sigma}} \cdot \left(\frac{l}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \right). \end{aligned} \quad (10)$$

За отриманими значеннями у вибраному масштабі (горизонтальному – для товщини шарів і вертикальному – для температур) будувється лінія падіння температури (рис. 1). В межах кожного шару лінія є прямою. У багатошарових конструкціях лінія падіння буде ламаною із зламами на поверхнях шарів. На графіку необхідно позначити товщини шарів і значення температур повітря, починаючи від t_6 і закінчуючи t_3 .

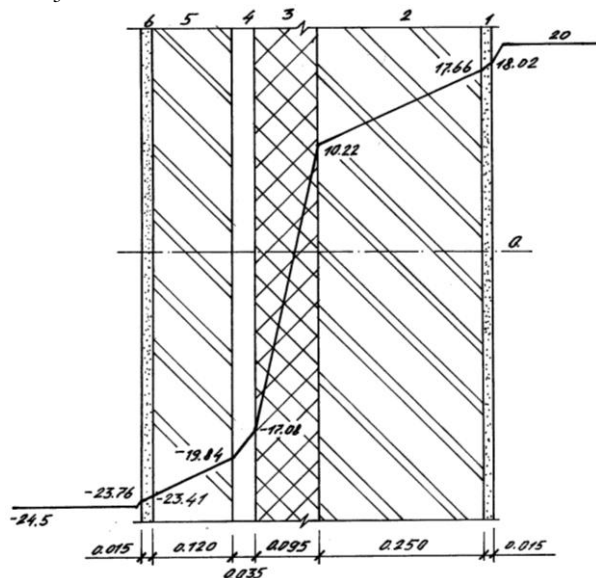


Рис. 1. Лінія падіння температури на розрізі зовнішньої стіни

Перевіряємо на відповідність санітарно-гігієнічним вимогам різницю між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції. Для зовнішньої стіни обов'язкове виконання умови (2) $\Delta T_{np} \geq \Delta T_{ce}$.

Точка роси у приміщенні визначається таким чином.

1. За значенням температури внутрішнього повітря t_6 за табл. Е.1 додатку визначається максимальна пружність водяної пари E .

2. За формулою $e_e = \frac{\varphi_e \cdot E_e}{100}$ визначається дійсна

пружність водяної пари внутрішнього повітря e .

3. Точка роси τ_p визначається за отриманим значенням e за таблицею Е.1 (додаток Е).

Отримане значення τ_p порівнюється із значенням температури повітря на внутрішній площині стіни τ_e . Якщо $\tau_e > \tau_p$, то конденсат не утворюється. В протилежному випадку – утворюється і виникає необхідність відкоригувати конструкцію стіни (збільшити її термічний опір настільки, щоб $\tau_e > \tau_p$).

Для перевірки можливості утворення конденсату в кутках будинку необхідно визначити температуру внутрішньої поверхні стіни кутка будинку τ_{\angle} і порівняти її з точкою роси τ_p . Якщо $\tau_{\angle} > \tau_p$, то конденсат не утворюється. Спочатку за графіком у додатку Ж в залежності від значення термічного опору стіни R_k у звичайному місці (сума по графі 6 таблиці 1) визначається величина $\Delta\tau_{\angle}^{40}$ зниження температури внутрішньої поверхні кутка по відношенню до температури гладі стіни τ_e при різниці $t_e - t_z = 40^\circ C$.

За формулою $\tau_{\angle} = \tau_e - \Delta\tau_{\angle}^{40} \cdot \frac{t_e - t_z}{40}$ визначається температура

внутрішньої поверхні кутка будівлі, яка й порівнюється з τ_p .

Для визначення мінімально допустимої товщини теплоізоляційного шару **термічно неоднорідної огорожувальної конструкції** визначають характерні ділянки та *типи теплопровідних включень*, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції (наприклад, *лінійні елементи*: відкоси дверного прорізу в зоні перемички та рядового примикання; відкоси віконних прорізів в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання; *точкові елементи* – дюбелі для кріплення мінераловатних плит).

Для вказаних теплопровідних включень за додатками I та K визначають значення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі, записують їх в таблицю та визначають приведений опір теплопередачі термічно неоднорідно непрозорі огорожувальної конструкції за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k}, \quad (11)$$

де F_{Σ} – загальна площа конструкції, m^2 ; $R_{\Sigma i}$ – опір теплопередачі i -ої термічно однорідної частини конструкції, $(m^2 \cdot K)/Bm$, визначають згідно з формулою (6); F_i – площа i -ої термічно однорідної частини конструкції, m^2 ; k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі, j -го лінійного теплопровідного включення, $Bm/(m \cdot K)$; L_j – лінійний розмір (проекція), j -го лінійного теплопровідного включення, m ; ψ_k – точковий коефіцієнт теплопередачі, k -го точкового теплопровідного включення, Bm/K ; N_k – загальна кількість k -их точкових теплопровідних включень, шт.

Якщо приведений опір значно перевищує мінімально допустимий опір теплопередачі, то визначають коефіцієнт термічної однорідності $r = \frac{R_{\Sigma np}}{R_{\Sigma}}$ та розраховують мінімальну товщину утеплювача за формулою:

$$\delta_{ym.min} \geq \left(\frac{R_{q.min}}{r} - \left(\frac{1}{\alpha_g} + R_1 + R_2 + R_4 + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right) \cdot \lambda_{утепл.} \quad (12)$$

У висновках аналізуються результати розрахунків щодо забезпечення мінімально допустимого значенням опору стіни $R_{q.min}$; можливості утворення конденсату на внутрішній поверхні стіни і у кутках будинку та відповідність санітарно-гігієнічним вимогам.

3. ПРИКЛАД ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ ЗА ЗИМОВИХ СТАЦІОНАРНИХ УМОВ

І. ВИХІДНІ ДАНІ

Житловий одноповерховий будинок, зовнішні стіни якого утеплені фасадною теплоізоляцією, опорядженою штукатуркою. Несуча частина стіни виконана у вигляді кладки з блоків керамзитшлакобетонних на цементно-піщаному розчині густиною 1400 кг/м^3 завтовшки 400 мм.

Теплоізоляційний шар влаштований з мінераловатних плит на основі базальтового волокна густиною 200 кг/м^3 . Мінераловатні плити кріпляться до несучої стіни за допомогою клейового шару та дюбелів з металевим стрижнем. Кількість дюбелів з розрахунку 8 штук на 1 м^2 .

З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштована вапняно-піщана штукатурка густиною 1600 кг/м^3 завтовшки 20 мм. Із зовнішньої сторони по мінераловатним плитам влаштована опоряджувальна цементно-піщана штукатурка густиною 1800 кг/м^3 завтовшки 10 мм.

Висота будинку від відмітки підлоги до верхньої відмітки стелі становить 2,7 м. Розміри будівлі $7 \text{ м} \times 10 \text{ м}$ в плані по внутрішньому обміру. По фасаду будинку передбачено влаштування таких конструкцій: вхідні двері розмірами $1 \text{ м} \times 2,2 \text{ м}$; віконні конструкції розмірами $1,5 \text{ м} \times 1,6 \text{ м}$ у кількості 3 одиниці та розмірами $1 \text{ м} \times 1,6 \text{ м}$ у кількості 2 одиниці.

1. Район будівництва: м. Хмельницький.
2. Призначення будівлі: житловий будинок.
3. Конструкція стіни наведена на рисунку 2.

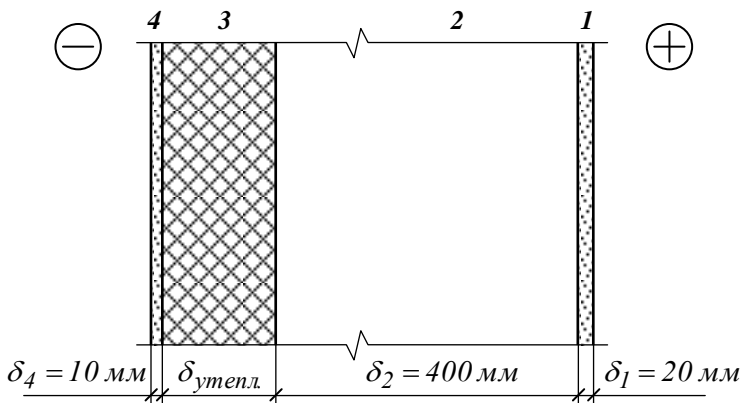


Рис. 2. Розрахункова схема зовнішньої стіни

РОЗРАХУНОК

1. Район будівництва знаходиться в *I*-й температурній зоні (див. додаток А).
2. Мінімумально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни для першої температурної зони становить $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ (додаток Б, табл. Б.1).
3. Розрахункові значення температури й відносної вологості повітря в приміщеннях житлового будинку дорівнюють $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$ та $\varphi_{\text{в}} = 55\%$ відповідно (додаток В, табл. В.1).
4. Вологісний режим – *нормальний* (додаток В, табл. В.2), тому **вологісні умови експлуатації матеріалів** шарів зовнішньої стіни **Б**, (додаток В, табл. В.3).

Отже, значення теплотехнічних показників матеріалів шарів стіни визначаємо для умов експлуатації **Б** (за додатком Г, табл. Г.1) і записуємо в таблицю 5.

Таблиця 2

Розрахункові теплофізичні показники матеріалів шарів стіни

№ шару	Найменування матеріалу шару	Густина $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Товщина шару, $\delta, \text{м}$	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	Термічний опір шару $R = \frac{\delta}{\lambda},$ $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1.	штукатурка – розчин вапняно-піщаний	1600	0,02	0,81	$\frac{0,02}{0,81} = 0,025$
2.	кладка – блоки керамзито-шлакобетонних на цементно-піщаному розчині	1400	0,4	0,51	$\frac{0,4}{0,51} = 0,784$
3.	утеплювач – плити з мінеральної вати на основі базальтового волокна	200	-	0,053	-
4.	штукатурка – цементно-піщана	1600	0,01	0,93	$\frac{0,01}{0,93} = 0,011$

ІІ. РОЗРАХУНОК ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ R_{Σ} ТЕРМІЧНО ОДНОРІДНОЇ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ ТА ПОРІВНЯННЯ З МІНІМАЛЬНО ДОПУСТИМИМ $R_{q \min}$

2.1. Визначимо товщину утеплювача δ_3 , за якої опір теплопередачі R_{Σ} зовнішньої стіни буде не меншим мінімально допустимого значення опору теплопередачі $R_{q \min}$.

$$R_{\Sigma} \geq R_{q \min} \quad (1)$$

$$R_{\Sigma} = \frac{I}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + \frac{\delta_{утепл}}{\lambda_{утепл}} + R_4 + \frac{I}{\alpha_3} \quad (2)$$

де $\alpha_6 = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь стіни відповідно (додаток Д).

Підставляючи формулу (2) у нерівність (1):

$$\frac{I}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + \frac{\delta_{утепл}}{\lambda_{утепл}} + R_4 + \frac{I}{\alpha_3} \geq R_{q \min} \quad (3)$$

З формули (3) знаходимо товщину утеплювача $\delta_{утепл}$ (плит з мінеральної вати на основі базальтового волокна) та обчислюємо його товщину.

$$\delta_{утепл} \geq \left(R_{q \min} - \left(\frac{I}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + R_4 + \frac{I}{\alpha_3} \right) \right) \cdot \lambda_{утепл} \quad (4)$$

$$\delta_{утепл} \geq \left(3,3 - \left(\frac{I}{8,7} + 0,025 + 0,784 + 0,011 + \frac{I}{23} \right) \right) \cdot 0,053 = 0,123 (\text{м}).$$

Отже, товщина утеплювача повинна бути не меншою 0,123 м. Приймаємо товщину плит з мінеральної вати на основі базальтового волокна із запасом рівною $\delta_{утепл} = 0,15 \text{ м}$. Тоді термічний опір утеплювача розраховуємо як

$$R_3 = \frac{\delta_{утепл}}{\lambda_{утепл}} = \frac{0,15 \text{ м}}{0,053 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})} = 2,830 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}. \quad \text{Отримані}$$

значення заносимо в табл. 2.

Конструкцію вважаємо термічно однорідною, тоді опір теплопередачі конструкції R_{Σ} розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{I}{8,7} + 0,025 + 0,784 + 2,83 + 0,011 + \frac{I}{23} = 3,808 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right).$$

Таблиця 3

Розрахункові теплофізичні показники матеріалів шарів стіни

№ шару	Найменування матеріалу шару	Густина $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Товщина шару, $\delta, \text{м}$	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	Термічний опір шару $R = \frac{\delta}{\lambda}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1.	штукатурка – розчин вапняно-піщаний	1600	0,02	0,81	$\frac{0,02}{0,81} = 0,025$
2.	кладка – блоки керамзито-шлакобетонних на цементно-піщаному розчині	1400	0,4	0,51	$\frac{0,4}{0,51} = 0,784$
3.	утеплювач – плити з мінеральної вати на основі базальтового волокна	200	0,150	0,053	$\frac{0,15}{0,053} = 2,83$
4.	штукатурка – цементно-піщана	1600	0,01	0,93	$\frac{0,01}{0,93} = 0,011$
Всього (термічний опір конструктивних шарів):					$R_{\kappa} = 3,65$

$$\text{Отже, умова } R_{\Sigma} = 3,808 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right) > R_{q \text{ min}} = 3,3 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

виконується, тобто опір теплопередачі зовнішньої стіни більший за мінімально допустиме значення опору теплопередачі конструкції.

III. РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУР НА ПОВЕРХНЯХ ШАРІВ

3.1. Розраховується температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції та температури на зовнішніх поверхнях шарів матеріалів.

Розраховуємо температуру на внутрішній поверхні зовнішньої стіни за формулою:

$$\tau_6 = t_6 - \frac{t_6 - t_3}{R_\Sigma} \cdot \frac{1}{\alpha_6} = 20 - \frac{20 - (-22)}{3,808} \cdot \frac{1}{8,7} = 18,7^\circ \text{C},$$

де t_6 – розрахункова температура внутрішнього повітря; t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря (додаток В, табл. В.4); R_Σ – опір теплопередачі зовнішньої стіни; α_6 – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні стіни (додаток Д).

Розраховуємо температури на зовнішніх поверхнях шарів зовнішньої стіни.

Температуру на зовнішній поверхні першого шару визначимо як:

$$t_I = t_6 - \frac{t_6 - t_3}{R_\Sigma} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_6} + R_I \right);$$
$$t_I = 20 - \frac{20 - (-22)}{3,808} \left(\frac{1}{8,7} + 0,025 \right) = 18,5^\circ \text{C}.$$

Аналогічно розрахуємо температуру на зовнішніх поверхнях наступних шарів.

$$\text{Для 2-го шару: } t_2 = t_6 - \frac{t_6 - t_3}{R_\Sigma} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_6} + R_I + R_2 \right);$$

$$t_2 = 20 - \frac{20 - (-22)}{3,808} \left(\frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,784 \right) = 9,8^\circ \text{C};$$

$$\text{Для 3-го шару: } t_3 = t_6 - \frac{t_6 - t_3}{R_\Sigma} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_6} + R_I + R_2 + R_3 \right);$$

$$t_3 = 20 - \frac{20 - (-22)}{3,808} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,784 + 2,830 \right) = -21,4^\circ \text{C}.$$

Для 4-го шару: $t_4 = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_3}{R_{\Sigma}} \cdot \left(\frac{l}{\alpha_{\text{в}}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \right)$;

$$t_4 = 20 - \frac{20 - (-22)}{3,808} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,784 + 2,83 + 0,011 \right) = -21,5^{\circ} \text{C}.$$

3.2. За отриманими значеннями температур будуюмо лінію падіння температури на розрізі стіни.

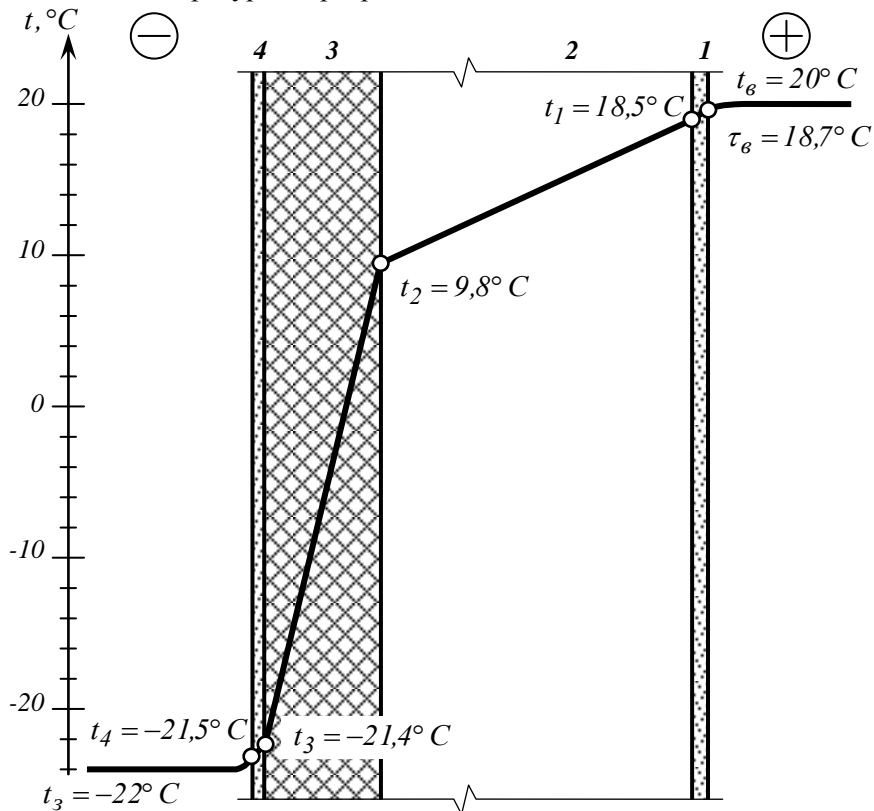


Рис. 3. Лінія падіння температури на розрізі стіни

3.3. *Перевіряємо на відповідність санітарно-гігієнічним вимогам різницю між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції.*

Для зовнішньої стіни обов'язкове виконання умови $\Delta T_{np} \geq \Delta T_{cz}$, де ΔT_{np} – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря t_e і приведеною температурою внутрішньої поверхні стіни τ_e , який розраховується за формулою $\Delta T_{np} = t_e - \tau_e = 20^\circ C - 18,7^\circ C = 1,3^\circ C$;

ΔT_{cz} – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, що рівна для стін житлових будівель $4^\circ C$ (за табл. Л.1 додатку Л).

Отже, перепад температур повітря та внутрішньої поверхні стіни, що контактує з ним, знаходиться в межах допустимих санітарно-гігієнічних вимог. Тобто $\Delta T_{np} = 1,3^\circ C < \Delta T_{cz} = 4^\circ C$. Умова виконується.

IV. ПЕРЕВІРКА МОЖЛИВОСТІ УТВОРЕННЯ КОНДЕНСАТУ НА СТІНІ

4.1. Визначаємо точку роси у приміщенні таким чином:

– за значенням температури внутрішнього повітря $t_e = 20^\circ C$ визначаємо максимальну пружність водяної пари при даній температурі $E_g = 2340 \text{ Па}$ (додаток Е, табл. Е.1);

– розраховуємо дійсну пружність водяної пари e_e внутрішнього повітря за формулою:

$$e_e = \frac{\varphi_e \cdot E_g}{100} = \frac{55\% \cdot 2340 \text{ Па}}{100} = 1287 \text{ Па};$$

– за значенням дійсної пружності водяної пари в житловому приміщенні $e_e = 1287 \text{ Па}$ з таблиці Е.1 виписуємо температуру, при якій водяна пара в приміщенні стане насиченою $\tau_p = 10,7^\circ C$, тобто значення точки роси.

4.2. Оскільки температура внутрішньої поверхні стіни є вищою за точку роси $\tau_{\theta} = 18,7^{\circ} \text{C} > \tau_p = 10,7^{\circ} \text{C}$, то конденсат на внутрішній стороні поверхні стіни не утворюється.

4.3. Для перевірки можливості утворення конденсату у внутрішньому кутку зовнішньої стіни будівлі визначаємо:

а) термічний опір конструктивних шарів стіни

$$R_K = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 3,65 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

б) за графіком (див. додаток Ж), в залежності від значення термічного опору стіни R_K , визначаємо величину $\Delta\tau_{\angle}^{40} \approx 2,1^{\circ} \text{C}$;

в) за формулою $\tau_{\angle} = \tau_{\theta} - \Delta\tau_{\angle}^{40} \cdot \frac{t_{\theta} - t_3}{40}$ визначаємо температуру внутрішньої поверхні кутка будівлі:

$$\tau_{\angle} = \tau_{\theta} - \Delta\tau_{\angle}^{40} \cdot \frac{t_{\theta} - t_3}{40} = 18,7 - 2,1 \frac{20 - (-22)}{40} = 16,5^{\circ} \text{C}.$$

Оскільки температура в кутку будівлі вища за точку роси $\tau_{\angle} = 16,5^{\circ} \text{C} > \tau_p = 10,7^{\circ} \text{C}$, то конденсат не утворюється.

V. ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНО ДОПУСТИМОЇ ТОВЩИНИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО ШАРУ ДЛЯ ТЕРМІЧНО НЕОДНОРІДНОЇ СТІНИ

5.1. Термічно неоднорідна огорожувальна конструкція містить такі теплопровідні включення:

- відкоси дверного прорізу в зоні перемички та рядового примикання – лінійні елементи;
- відкоси віконних прорізів в зоні надвіконної перемички, підвіконня, рядового примикання – лінійні елементи;
- дюбелі для кріплення мінераловатних плит – точкові елементи.

Для вказаних теплопровідних включень за додатками II та K визначаємо значення лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі та записуємо в таблицю 4.

Визначаємо загальну площу непрозорої частини фасаду F_{Σ} :
від загальної площі фасадів $2 \cdot (7 \text{ м} + 10 \text{ м}) \cdot 2,7 \text{ м} = 91,8 \text{ м}^2$
віднімаємо площі світлопрорізів (вікон) та дверей:

$$F_{\Sigma} = 91,8 \text{ м}^2 - 3 \cdot 1,5 \text{ м} \cdot 1,6 \text{ м} - 2 \cdot 1 \text{ м} \cdot 1,6 \text{ м} - 1 \text{ м} \cdot 2,2 \text{ м} = 79,2 \text{ м}^2.$$

Тоді необхідна кількість дюбелів для кріплення мінераловатних плит $N = 8 \frac{\text{шт}}{\text{м}^2} \cdot 79,2 \text{ м}^2 \approx 634 \text{ шт}.$

Таблиця 4

Теплопровідні вclusions та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного вклучення	Протяжність, L , м	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k , Вт/(м·К)	Кількість, N , шт.	Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ , Вт/К
<i>Вхідні двері (1,0 м × 2,2 м)</i>				
Дверний відкос в зоні перемички	$L_1 = 1,0$	$k_1 = 0,081$	-	-
Дверний відкос в зоні рядового примикання	$L_2 = 4,4$	$k_2 = 0,071$	-	-
<i>Вікна (1,5 м × 1,6 м (3 одиниці) та 1,0 м × 1,6 м (2 одиниці))</i>				
Віконний відкос в зоні перемички	$L_3 = 6,5$	$k_3 = 0,081$	-	-
Віконний відкос в зоні підвіконня	$L_4 = 6,5$	$k_4 = 0,064$	-	-
Віконний відкос в зоні рядового примикання	$L_5 = 16$	$k_5 = 0,071$	-	-
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	-	-	634	0,005

На підставі даних таблиці 4 визначасмо приведенний опір теплопередачі зовнішніх стін за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k};$$

$$R_{\Sigma np} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3 + k_4 L_4 + k_5 L_5 + \psi \cdot N};$$

$$R_{\Sigma np} = \frac{79,2}{\frac{79,2}{3,808} + 0,081 \cdot (1,0 + 6,5) + 0,071 \cdot (4,4 + 16) + 0,064 \cdot 6,5 + 0,005 \cdot 634} =$$

$$= 3,0 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Умова (1) $R_{\Sigma np} \geq R_{q min}$ не виконується.

Прийнемо товщину теплоізоляційного шару 200 мм. Тоді тепловий (термічний) опір шару утеплювача дорівнює

$$R_3 = \frac{\delta_{утепл}}{\lambda_{утепл}} = \frac{0,20 \text{ м}}{0,053 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}} = 3,774 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}, \text{ а опір тепло-}$$

передачі R_{Σ} зовнішньої стіни:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,784 + 3,774 + 0,011 + \frac{1}{23} = 4,752 \left(\frac{m^2 \cdot K}{Bm} \right).$$

Визначимо приведенний опір теплопередачі зовнішніх стін за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{79,2}{\frac{79,2}{4,752} + 0,08 \cdot (1,0 + 6,5) + 0,073 \cdot (4,4 + 16) + 0,068 \cdot 6,5 + 0,005 \cdot 634} =$$

$$= 3,54 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Приведений опір теплопередачі стіни значно перевищує $R_{q \min} = 3,3 \left(\frac{m^2 \cdot K}{Bm} \right)$, що може бути економічно не доцільно.

Тому визначимо мінімальну необхідну товщину теплоізоляційного шару, розрахувавши коефіцієнт термічної однорідності $r = \frac{R_{\Sigma np}}{R_{\Sigma}} = \frac{3,54}{4,752} = 0,75$.

$$\delta_{ym.min} \geq \left(\frac{R_{q \min}}{r} - \left(\frac{1}{\alpha_8} + R_1 + R_2 + R_4 + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right) \cdot \lambda_{утепл};$$

$$\delta_{ym.min} \geq \left(\frac{3,3}{0,75} - \left(\frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,784 + 0,011 + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,053 = 0,181 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину шару утеплювача більшою за отриману з наявного ряду типових розмірів – 190 мм.

VI. ВИСНОВКИ

Таким чином, мінімально необхідна товщина теплоізоляції з мінераловатних плит на основі базальтового волокна густиною 200 кг/м³ становить 190 мм.

Конструкція стіни відповідає нормативним вимогам щодо опору теплопередачі; перепад температур внутрішнього повітря та внутрішньої поверхні є меншим за санітарно-гігієнічні вимоги; конденсат на внутрішній поверхні стіни і у кутку будинку не утворюється.

4. ПРИКЛАДИ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ

4.1. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕРМІЧНО ОДНОРІДНОЇ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ ЗА ЗИМОВИХ СТАЦІОНАРНИХ УМОВ

4.1.1. Теплотехнічний розрахунок вентиляованої стіни житлового будинку

ВИХІДНІ ДАНІ:

1. Район будівництва: *м. Червоноград.*
2. Призначення будівлі: *житловий будинок.*
3. Конструкція стіни. Стіна вентиляованого фасаду складається з штукатурки, цегляної кладки, пароізоляції (обмазка бітумом), утеплювача, шару вітрозахисного ізолю, повітряного прошарку та опоряджувального шару (рис. 4).

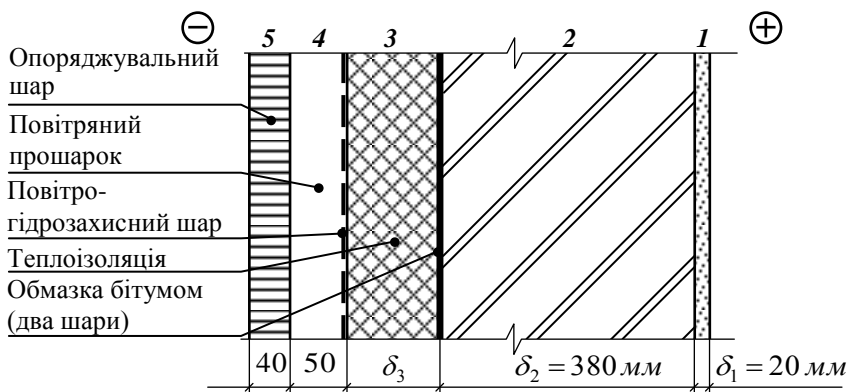


Рис. 4. Розрахункова схема стіни вентиляованого фасаду

РОЗРАХУНОК

1. Район будівництва знаходиться в I-ій температурній зоні (додаток А) [2, додаток Б].
2. Мінімально допустиме значення опору теплопередачі конструкції стіни для I-ої температурної зони становить $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ (додаток Б, табл. Б.1) [2, табл. 3].
3. Розрахункові значення температури й вологості повітря в приміщеннях житлового будинку дорівнюють $t_g = 20^\circ \text{C}$ та

$\varphi_6 = 55\%$, відповідно (додаток В, табл. В.1) [2, додаток В, табл. В.2].

4. Вологісний режим – *нормальний*. Він визначається залежно від відносної вологості φ_6 і температури внутрішнього повітря t_6 за додатком В, табл. В.2 [2, додаток В, табл. В.1].
5. Зовнішня стіна експлуатується в умовах В, (додаток В, табл. В.3) [2, додаток В, табл. В.3].

Значення теплотехнічних характеристик матеріалів шарів стіни визначаємо за додатком Г, табл. Г.1 [1, дод. Е] і записуємо в таблицю 5.

Таблиця 5

**Розрахункові теплофізичні характеристики
матеріалів шарів стіни**

№ шару	Найменування матеріалу шару	Густина $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Товщина шару, $\delta, \text{м}$	Розрахунковий коефіцієнт теплопровідності, $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	Термічний опір шару $R = \frac{\delta}{\lambda}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1.	штукатурка – розчин складний (пісок, вапно, цемент)	1700	0,02	0,87	$\frac{0,02}{0,87} = 0,023$
2.	цегляна кладка – глиняна звичайна цегла на цементно-піщаному розчині	1800	0,38	0,81	$\frac{0,38}{0,81} = 0,469$
3.	вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна	50	-	0,048	

Оскільки повітряний прошарок є вентиляваним, то розрахунок теплопередачі проводиться для шарів, розташованих

від внутрішньої поверхні конструкції до повітряного прошарку. При цьому повітрогідрозахисний шар теж до уваги не береться, оскільки має дуже малий термічний опір.

Визначимо товщину утеплювача δ_3 , за якої опір теплопередачі конструкції відповідатиме нормативній вимозі:

$$\delta_3 = \left(3,3 - \left(\frac{1}{8,7} + 0,023 + 0,469 + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,048 = 0,127 \text{ (м)}.$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_3 = 0,13 \text{ м}$.

Тоді його термічний опір дорівнюватиме

$$R_3 = \frac{0,13 \text{ (м)}}{0,048 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}} = 2,71 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Отримані значення заносимо в таблицю 5.

Конструкцію вважаємо термічно однорідною, тоді опір теплопередачі конструкції R_Σ розраховується за формулою:

$$R_\Sigma = \frac{1}{8,7} + 0,023 + 0,469 + \frac{0,13}{0,048} + \frac{1}{23} = 3,36 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right).$$

Оскільки $R_\Sigma = 3,36 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} > R_{q \min} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$, то умова виконується.

4.1.2. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни офісного центра

ВИХІДНІ ДАНІ:

1. Район будівництва: *м. Мелітополь*.
2. Призначення будівлі: *офісний центр*.
3. Конструкція стіни: *тришарова бетонна стінова панель* (рис. 5).

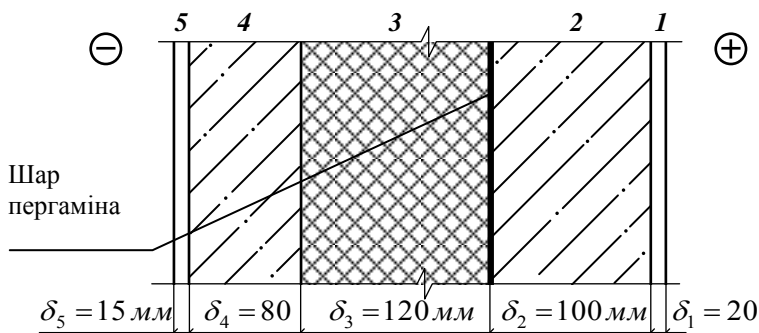


Рис. 5. Розрахункова схема зовнішньої стіни

РОЗРАХУНОК

1. Район будівництва знаходиться в II-й температурній зоні (додаток А) [2, додаток Б].
2. Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни будівлі для другої температурної зони становить $R_{q \min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ (додаток Б, табл. Б.1) [2, табл. 3].
3. Розрахункові значення температури й вологості повітря в приміщенні дорівнюють $t_g = 20^\circ \text{C}$ та $\varphi_g = 60\%$, відповідно (додаток В, табл. В.1) [2, додаток В, табл. В.2].
4. Вологісний режим – *нормальний*. Він визначається за додатком В, табл. В.2 [2, додаток В, табл. В.1].
5. Зовнішня стіни експлуатується в умовах *Б*, (додаток В, табл. В.3) [2, додаток В, табл. В.3].

Значення теплотехнічних характеристик матеріалів шарів стіни визначаємо для умов експлуатації *Б* за додатком В, табл. В.4 [1, дод. А] і записуємо в таблицю 6.

Таблиця 6

**Розрахункові теплофізичні характеристики
матеріалів шарів стіни**

№ шару	Найменування матеріалу шару	Густина $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Товщина шару, $\delta, \text{м}$	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	Термічний опір шару $R = \frac{\delta}{\lambda},$ $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$
1.	штукатурка – розчин складний (пісок, вапно, цемент)	1700	0,020	0,87	$\frac{0,02}{0,87} = 0,023$
2.	керамзитобетон на керамзитопіску	1800	0,100	0,92	$\frac{0,10}{0,92} = 0,109$
3.	утеплювач	-	0,120*	-	-
4.	керамзитобетон на керамзитопіску	1800	0,080	0,92	$\frac{0,08}{0,92} = 0,087$
5.	штукатурка – цементно-піщана	1600	0,015	0,81	$\frac{0,015}{0,81} = 0,019$

* Ширина тришарової бетонної панелі 300 мм. Прошарок між шарами бетону (рис. 5) повністю заповнюємо утеплювачем

Оскільки стінові панелі випускаються за номенклатурою певної товщини і їх шари мають відповідні товщини, то визначаємо не товщину утеплювача, а його максимально можливе значення коефіцієнту теплопровідності $\lambda_{\text{max ум.}}$. Враховуючи конструктивні особливості стінової панелі, підбираємо матеріал утеплювача (додаток В, табл. В.4), значення коефіцієнту теплопровідності λ_3 якого не більше за розраховане, та записуємо в таблицю 6.

Прирівняємо праву частину формули до $R_{q \min}$:

$$R_{q \min} = \frac{1}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + \frac{\delta_3}{\lambda_{\text{max ум.}}} + R_4 + R_5 + \frac{1}{\alpha_3} \Rightarrow \quad (8)$$

$$\lambda_{\text{max ум.}} = \delta_3 / \left(R_{q \min} - \left(\frac{1}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + R_4 + R_5 + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right), \quad (9)$$

де $\alpha_6 = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ приймаються згідно додатку Г, табл. Г.1 [1, додаток Е];

$$\lambda_{\text{max ут.}} = \frac{0,12}{2,8 - \left(\frac{1}{8,7} + 0,023 + 0,109 + 0,087 + 0,019 + \frac{1}{23} \right)} = 0,0498 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \right).$$

В якості утеплювача використаємо, наприклад, плити з мінеральної вати на синтетичному в'язучому (густиною $75 \text{ кг}/\text{м}^3$), значення коефіцієнту теплопровідності яких становить $\lambda_3 = 0,048 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, що є меншим (як це і необхідно) за розраховане. Тоді термічний опір утеплювача дорівнюватиме

$$R_3 = \frac{0,12 \text{ м}}{0,047 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})} = 2,55 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}. \text{ Отримані значення заносимо}$$

в табл. 6.

Конструкцію приймаємо як термічно однорідну, тоді її опір теплопередачі R_{Σ} розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = 1/8,7 + 0,023 + 0,109 + 2,55 + 0,087 + 0,019 + 1/23 = 2,938 \left(\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \right)$$

$$\text{Оскільки } R_{\Sigma} = 2,938 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} > R_{q \text{ min}} = 2,8 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, \text{ то}$$

умова виконується, тобто опір теплопередачі зовнішньої стіни адміністративної будівлі більший за мінімально допустиме значення опору теплопередачі конструкції.

4.1.3. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни промислової будівлі

ВИХІДНІ ДАНІ:

1. Район будівництва: *м. Кам'янець-Подільський.*
2. Призначення будівлі: *зварювальний цех промислової будівлі.*
3. Конструкція стіни: *бетонна стінова панель (легкий бетон)* (рис. 6).

РОЗРАХУНОК

1. Район будівництва знаходиться в І-й температурній зоні (додаток А) [2, додаток Б].
2. Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни визначимо після розрахунку її теплової інерції.
3. Розрахункові значення температури й вологості повітря в приміщенні дорівнюють $t_e = 16^\circ\text{C}$ та $\varphi_e = 55\%$, відповідно (додаток В, табл. В.1) [2, додаток В, табл. В.2].
4. Вологісний режим – *нормальний*. Він визначається за додатком В, табл. В.2 [2, додаток В, табл. В.1].
5. Зовнішня стіна експлуатується в умовах *Б*, (додаток В, табл. В.3) [2, додаток В, табл. В.3].

Значення теплотехнічних характеристик матеріалів шарів стіни визначаємо для умов експлуатації *Б* за додатком В, табл. В.4 [1, додаток А] і записуємо в таблицю 7.

Обчислимо теплову інерцію огорожувальної конструкції:

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + R_3 s_3 =$$

$$= 0,025 \cdot 9,76 + 0,839 \cdot 4,77 + 0,025 \cdot 9,76 = 4,49 > 1,5.$$

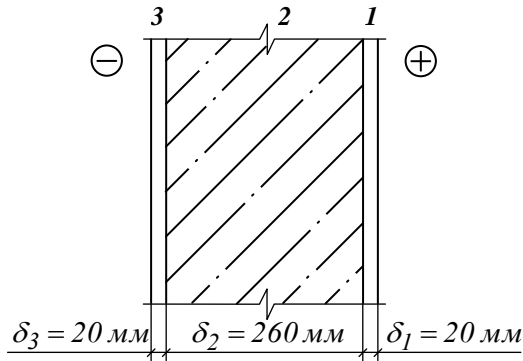


Рис. 6. Розрахункова схема зовнішньої стіни

Таблиця 7

**Розрахункові теплофізичні характеристики
матеріалів шарів стіни**

№ шару	Найменування матеріалу шару	Густина $\rho, \frac{кг}{м^3}$	Товщина шару, $\delta, м$	Розрахункові коефіцієнти		Термічний опір шару $R = \frac{\delta}{\lambda},$ $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
				теплопровідності $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$	теплозасвоєння $s, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	
1.	фактурний шар цементно-піщаний розчин	1600	0,02	0,81	9,76	$\frac{0,02}{0,81} = 0,025$
2.	керамзитобетон	800	0,26	0,31	4,77	$\frac{0,26}{0,31} = 0,839$
3.	фактурний шар цементно-піщаний розчин	1600	0,02	0,81	9,76	$\frac{0,02}{0,81} = 0,025$

Тоді мінімально допустиме значення опору теплопередачі конструкції стіни промислової будівлі визначаємо залежно від температурної зони (*перша*), вологісного режиму приміщень (*нормальний*) та теплової інерції конструкції D . Воно дорівнює $R_{q \min} = 1,7 \text{ м}^2 \cdot К / Вт$ (додаток Б, табл. Б.2) [2, табл. 4].

Опір теплопередачі огорожувальної конструкції $R_{\Sigma np}$ розраховуємо за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,839 + 0,025 + \frac{1}{23} = 1,039 \left(\frac{м^2 \cdot К}{Вт} \right),$$

$$\text{Оскільки } R_{\Sigma np} = 1,039 \left(\frac{м^2 \cdot К}{Вт} \right) < R_{q \min} = 1,7 \text{ м}^2 \cdot К / Вт,$$

то умова не виконується. Тому необхідно збільшити опір теплопередачі стіни, розмістивши ззовні шар утеплювача. В

якості утеплювача приймаємо мінераловатні плити на синтетичному в'язучому, з такими характеристиками матеріалу: густина $\rho = 225 \text{ кг/м}^3$, коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,054 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, коефіцієнт теплосвоєння $S = 0,88 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Для розрахунку товщини утеплювача необхідно різницю між значеннями нормативного опору теплопередачі $R_{q \min}$ і фактичного $R_{\Sigma np}$ помножити на коефіцієнт теплопровідності утеплювача: $\delta = (R_{q \min} - R_{\Sigma np}) \cdot \lambda = (1,7 - 1,039) \cdot 0,054 = 0,036 \text{ м}$. Приймаємо товщину утеплювача дещо більшою (із запасом) $\delta = 0,04 \text{ м}$.

Теплова інерція огорожувальної конструкції з утеплювачем буде більшою, ніж попередньо розраховане значення $D = 4,49$, тому мінімально допустиме значення опору теплопередачі стіни залишається таким же: $R_{q \min} = 1,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

Виконаємо перевірку, розрахувавши опір теплопередачі огорожувальної конструкції $R_{\Sigma np}$ та порівнявши з мінімально допустимим значенням для даної огорожувальної конструкції $R_{q \min}$.

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + 0,025 + 0,839 + 0,025 + \frac{0,04}{0,054} + \frac{1}{23} = 1,788 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right).$$

Оскільки $R_{\Sigma np} = 1,788 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} > R_{q \min} = 1,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, то умова виконується.

4.2. Теплотехнічний розрахунок покриття промислової будівлі

ВИХІДНІ ДАНІ:

1. Район будівництва: *м. Суми*.
2. Призначення будівлі: *промислова будівля*.
3. Конструкція покриття наведена на рис. 7.

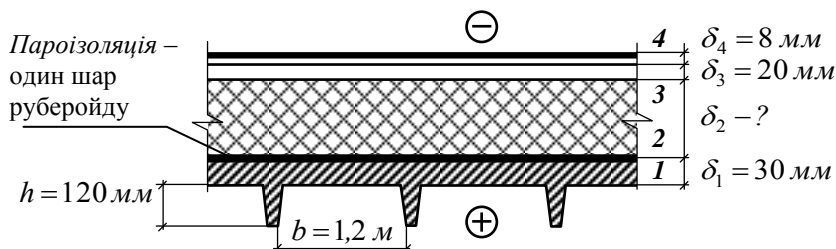


Рис. 7. Розрахункова схема покриття

РОЗРАХУНОК

1. Район будівництва знаходиться у I-й температурній зоні (додаток А) [2, додаток Б].
2. Розрахункові значення температури й вологості повітря в приміщеннях промислової будівлі дорівнюють $t_e = 16^\circ\text{C}$ та $\varphi_e = 55\%$ відповідно (додаток В, табл. В.1) [2, додаток В, табл. В.2].
3. Вологісний режим – *нормальний*. Він визначається за додатком В, табл. В.2 [2, додаток В, табл. В.1].
4. Умови експлуатації – *Б*, (додаток В, табл. В.3) [2, додаток В, табл. В.3].

Значення теплотехнічних характеристик матеріалів шарів покриття визначаємо за додатком В, табл. В.4 [1, дод. А] та записуємо в таблицю 8.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі конструкції покриття промислової будівлі визначається залежно від температурної зони (*перша*), вологісного режиму приміщень (*нормальний*) та теплової інерції конструкції D . Приймаємо його попередньо рівним $R_{q \min} = 2,2 \text{ м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$ (додаток Б, табл. Б.2) [2, табл. 4].

Таблиця 8

**Розрахункові теплофізичні характеристики
матеріалів шарів покриття**

№ ша- ру	Наймену- вання матеріалу шару	Густи- на $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Товщи- на шару, $\delta, \text{м}$	Розрахункові коефіцієнти		Термічний опір шару $R = \frac{\delta}{\lambda},$ $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
				тепло- провідно- сті $\lambda,$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	тепло- засвоєн- ня $s,$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	
1.	ребриста плита – залізобетон	2500	0,030*	2,04	18,95	$\frac{0,03}{2,04} = 0,015$
2.	вироби те- плоізоляційні з мінеральної вати на осно- ві базальтово- го волокна	50	-	0,048	0,39	
3.	стяжка – цементно- піщана	1600	0,020	0,81	9,76	$\frac{0,02}{0,81} = 0,025$
4.	чотири шари руберойду**	600	0,008	0,17	3,53	$\frac{0,008}{0,17} = 0,047$

*Примітка. Термічні опори пароізоляції та ребер залізобетонної плити (висота ребер 120 мм) йдуть в запас та в розрахунку не враховуються;

** верхній шар – броньований руберойд.

Визначимо товщину утеплювача δ_2 , за якої опір теплопередачі конструкції відповідатиме нормативній вимозі. Для цього прирівняємо праву частину формули до $R_{q \min}$:

$$R_{q \min} = \frac{1}{\alpha_6} + R_1 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_3} \Rightarrow \quad (10)$$

$$\delta_2 = \left(R_{q \min} - \left(\frac{1}{\alpha_6} + R_1 + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right) \cdot \lambda_2, \quad (11)$$

де $\alpha_6 = 8,7 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$ (бо $\frac{h}{b} = \frac{0,12 \text{ м}}{1,2 \text{ м}} = 0,1 < 0,3$ (рис. 8)),

$\alpha_3 = 23 \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$ для покриття приймаються згідно додатку Г, табл.

Г.1 [1, дод. Б];

$$\delta_2 = \left(2,2 - \left(\frac{1}{8,7} + 0,015 + 0,025 + 0,048 + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot 0,048 = 0,0938 \text{ (м)}$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_2 = 0,094 \text{ м}$. Тоді його термічний опір дорівнюватиме

$$R_2 = \frac{0,094 \text{ м}}{0,048 \text{ Bm} / (\text{м} \cdot K)} = 1,958 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}. \quad \text{Отримані значення}$$

заносимо в таблицю 8.

Обчислюємо теплову інерцію огорожувальної конструкції:

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + R_3 s_3 + R_4 s_4 = 0,015 \cdot 18,95 + 1,958 \cdot 0,39 + 0,025 \cdot 9,76 + 0,047 \cdot 3,53 = 1,46 < 1,5.$$

Отже, мінімально допустиме значення опору теплопередачі покриття дійсно дорівнює $R_{q \min} = 2,2 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}$.

Опір теплопередачі покриття R_Σ розраховуємо за формулою:

$$R_\Sigma = \frac{1}{8,7} + 0,015 + 1,958 + 0,025 + 0,047 + \frac{1}{23} = 2,203 \left(\frac{m^2 \cdot K}{Bm} \right).$$

Оскільки $R_\Sigma = 2,203 \left(\frac{m^2 \cdot K}{Bm} \right) > R_{q \min} = 2,2 \left(\frac{m^2 \cdot K}{Bm} \right)$, то умова виконується.

5. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

1. Дайте означення терміну “коефіцієнт теплопровідності”. Що впливає на його значення? В якому діапазоні (орієнтовно) коефіцієнт теплопровідності змінюються для матеріалів, що використовуються в будівництві?

2. Дайте означення термінам: “стаціонарні і нестаціонарні умови”.

3. Дайте означення термінам: “термічно однорідна і неоднорідна огорожувальна конструкція”.

4. Як визначається термічний опір одношарової і однорідної багатошарової конструкцій? Одиниці вимірювання термічного опору.

5. Як визначити термічний опір повітряного прошарку?

6. Що характеризує і для чого визначається теплова інерція огорожувальної конструкції? Як вона визначається? Одиниці вимірювання.

7. В чому полягає суть теплотехнічного розрахунку за зимових стаціонарних умов?

8. Які кліматичні дані, необхідні для теплотехнічного розрахунку, можна знайти в нормах проектування? Що треба робити, коли для заданого району будівництва даних в нормах проектування немає?

9. Що таке точка роси? Як її визначити, якщо задана температура і відносна вологість повітря в приміщенні?

10. Чому в кутках будинку температура внутрішньої поверхні стіни нижча ніж температура внутрішньої поверхні на гладі стіни? Якими конструктивними заходами можна збільшити температуру внутрішньої поверхні стіни в кутку будинку?

6. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Базова

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. Київ : Мінрегіон України, 2017. 30 с.
2. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ : Мінрегіон України, 2013. 56 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Київ : Мінбуд України, 2011. 123 с.
4. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. Київ : Мінрегіон України, 2013. 37 с.
5. Приклади розрахунку до ДСТУ Б В.2.6-189:2013 “Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель”. Посібник для проектування. Київ : Мінбуд України, 2014. 106 с.
6. Ильинский В.М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий). Москва : Высшая школа, 1974. 320 с.
7. Сергейчук О.В. Архитектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огороджуючих конструкцій будинків. Київ : “Такі справи”, 1992. 156 с.

Допоміжна

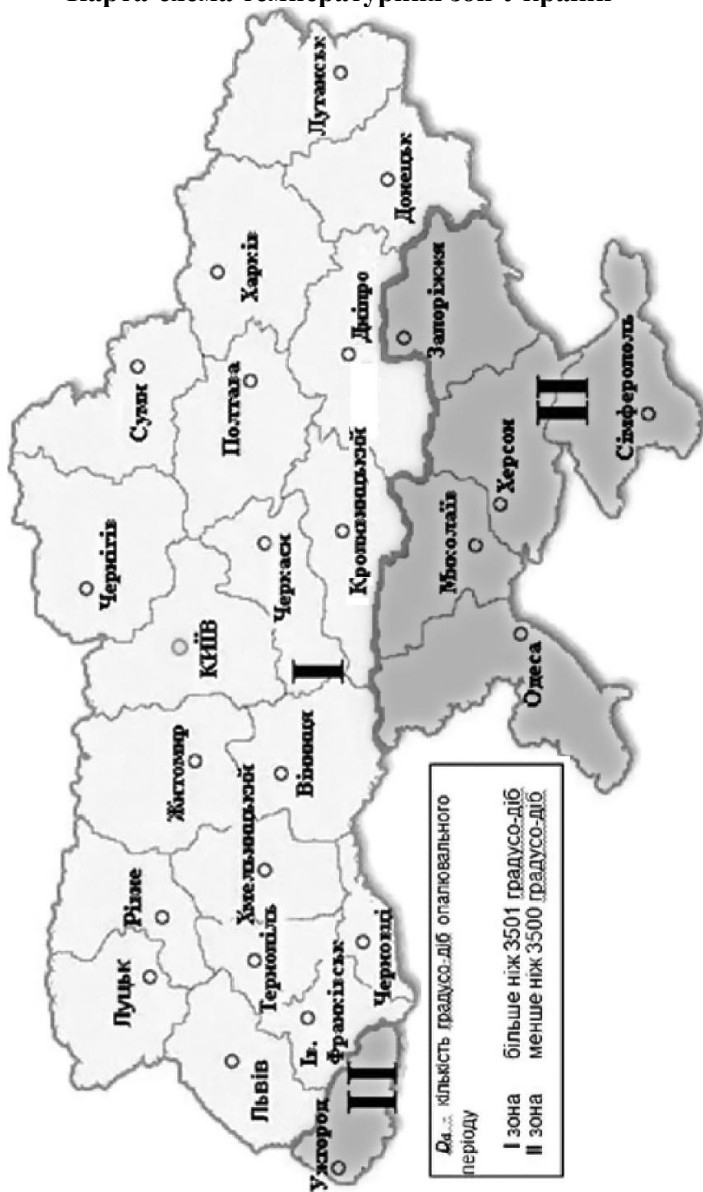
1. Гусев Н.М. Основы строительной физики. Москва : Стройиздат, 1975. 440 с.
2. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Москва : АВОК-ПРЕСС, 2007. 256 с.
3. Малявина Е.Г. Теплопотери здания. Москва : АВОК-ПРЕСС, 2007. 144 с.

Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>
2. Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека (м. Рівне, майдан Короленка, 6). URL: <http://www.lib.rv.ua/>
3. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75). URL: <http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka>
4. Цифровий репозиторій НУВГП. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/view/types/methods/>

ДОДАТОК А

Карта-схема температурних зон України



ДОДАТОК Б
Мінімально допустиме значення
опору теплопередачі огорожувальної конструкції

Таблиця Б.1

Мінімально допустиме значення
опору теплопередачі огорожувальної конструкції
житлових та громадських будинків, $R_{q\ min}, m^2 \cdot K / Bm$

№ поз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q\ min}$, для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,0	5,5
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищні перекриття неопалювальних горищ	4,95	4,5
5	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
6	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
7	Зовнішні двері	0,6	0,5

Таблиця Б.2

**Мінімально допустиме значення опору теплопередачі
огороджувальних конструкцій промислових
(сільськогосподарських) будівель, $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$**

Вид огороджувальної конструкції та тепловологісний режим експлуатації будівель	Значення $R_{q \min}$, для температурної зони	
	I	II
Зовнішні непрозорі стіни будівель:		
- з сухим і нормальним режимом із конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,7	1,5
$D \leq 1,5$	2,2	2,0
- з вологим і мокрим режимом із конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,8	1,6
$D \leq 1,5$	2,4	2,2
- з надлишками тепла ($> \text{ніж } 23 \text{ Вт/м}^3$)	0,55	0,45
Покриття та перекриття неопалювальних горищ будівель:		
- з сухим і нормальним режимом із конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,7	1,6
$D \leq 1,5$	2,2	2,1
- з вологим і мокрим режимом із конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,7	1,6
$D \leq 1,5$	1,9	1,8
- з надлишками тепла ($> \text{ніж } 23 \text{ Вт/м}^3$)	0,55	0,45
Перекриття над проїздами й неопалювальними підвалами із конструкціями з:		
$D > 1,5$	1,9	1,8
$D \leq 1,5$	2,4	2,2
Двері й ворота будівель:		
- з сухим і нормальним режимом	0,6	0,55
- з вологим і мокрим режимом	0,75	0,7
- з надлишками тепла ($> \text{ніж } 23 \text{ Вт/м}^3$)	0,2	0,2
Вікна й зенітні ліхтарі будинків:		
- з сухим і нормальним режимом	0,45	0,42
- з вологим і мокрим режимом	0,5	0,45
- з надлишками тепла ($> \text{ніж } 23 \text{ Вт/м}^3$)	0,18	0,18

Примітка. D – показник теплової інерції конструкції

ДОДАТОК В

ТЕПЛОВОЛОГІСНИЙ РЕЖИМ ПРИМІЩЕНЬ, МАТЕРІАЛІВ У КОНСТРУКЦІЯХ ТА ТЕМПЕРАТУРА ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ

Таблиця В.1

**Розрахункові значення температури й вологості повітря
приміщень (для теплотехнічних розрахунків)**

Призначення будинку	Розрахункова температура внутрішнього повітря, $t_e, ^\circ C$	Розрахункове значення відносної вологості, $\varphi_e, \%$
Житлові будівлі та готелі	20	55
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси, заклади торгівлі	20	50
Учбові заклади та заклади охорони здоров'я	21	50
Дитячі дошкільні заклади	22	50

***Примітка.** При проектуванні допускається розрахункові параметри температури й вологості повітря приймати з урахуванням положень відповідних будівельних норм за типами будівель і споруд.*

Таблиця В.2

Градація вологісного режиму приміщень

Вологісний режим	Вологість внутрішнього повітря $\varphi_e, \%$, при температурі $t_e, ^\circ C$		
	$t_e \leq 12 ^\circ C$	$12 ^\circ C < t_e \leq 24 ^\circ C$	$t_e > 24 ^\circ C$
Сухий	$\varphi_e < 60$	$\varphi_e < 50$	$\varphi_e < 40$
Нормальний	$60 \leq \varphi_e \leq 75$	$50 \leq \varphi_e \leq 60$	$40 \leq \varphi_e \leq 50$
Вологий	$75 < \varphi_e$	$60 < \varphi_e \leq 75$	$50 < \varphi_e \leq 60$
Мокрий	—	$75 < \varphi_e$	$60 < \varphi_e$

Таблиця В.3

**Вологісні умови експлуатації матеріалу
в огорожувальних конструкціях**

Вологісний режим приміщень (за таблицею В.2)	Умови експлуатації
Сухий	А
Нормальний	Б
Вологий	Б
Мокрий	Б

***Примітка.** Матеріали внутрішніх конструкцій будівель із нормальним режимом експлуатації розраховуються для умов експлуатації А*

Таблиця В.4

Розрахункові температури зовнішнього повітря

	Температурна зона	
	І	ІІ
Розрахункова температура зовнішнього повітря, °C	мінус 22	мінус 19

ДОДАТОК Г
Розрахункові теплофізичні характеристики
будівельних матеріалів

Таблиця Г.1

Значення розрахункових теплофізичних характеристик
будівельних матеріалів

№ з/п	Назва матеріалу	Густина, $\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Розрахункові характеристики в умовах експлуатації			
			тепло- провідність, $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{K}}$		коефіцієнт тепло- засвоєння, $s, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$	
			А	Б	А	Б
1	2	3	4	5	6	7
1 ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ						
1.1 Волокнисті матеріали						
1	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна	30	0,046	0,050	0,29	0,31
		40	0,046	0,049	0,34	0,35
		50	0,044	0,048	0,37	0,39
		75	0,043	0,047	0,45	0,48
		100	0,044	0,048	0,53	0,56
		125	0,045	0,049	0,59	0,63
		150	0,048	0,050	0,67	0,69
		175	0,049	0,052	0,73	0,76
		200	0,050	0,053	0,79	0,83
2	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі скляного штапельного волокна	225	0,050	0,054	0,84	0,88
		10	0,055	0,057	0,19	0,20
		15	0,050	0,052	0,22	0,23
		20	0,047	0,050	0,25	0,27
		35	0,044	0,047	0,31	0,34
		70	0,042	0,045	0,43	0,47
1.2 Полімерні матеріали						
3	Вироби пінополістирольні	15	0,045	0,055	0,28	0,33
		25	0,043	0,053	0,34	0,40
		35	0,041	0,050	0,40	0,46
		50	0,040	0,045	0,46	0,53
4	Плити пінополістирольні екструзійні	30	0,035	0,036	0,34	0,34
		35	0,036	0,037	0,37	0,38
5	Вироби з жорсткого пінополіуретану	40	0,040	0,040	0,40	0,42
		60	0,041	0,041	0,53	0,55
		80	0,050	0,050	0,67	0,70

продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7
6	Плити з резольно-формальдегідного пінопласту	40	0,041	0,060	0,48	0,66
		50	0,050	0,064	0,59	0,77
		100	0,052	0,076	0,85	1,18
7	Вироби зі спіненої карбамідно-формальдегідної смоли	15	0,058	0,064	0,27	0,34
		25	0,063	0,074	0,36	0,47
		30	0,070	0,085	0,42	0,56
8	Вироби зі спіненого пінополіетилену	30	0,044	0,047	0,30	0,33
		50	0,042	0,045	0,38	0,41
9	Вироби зі спіненого хімічно зшитого пінополіетилену	30	0,042	0,043	0,38	0,40
1.3 Вироби з природної органічної та неорганічної сировини						
10	Вироби перлітофосфогельові	200	0,070	0,090	1,10	1,43
		300	0,080	0,120	1,43	2,02
11	Блоки полістиролбетонні стінові	200	0,070	0,080	1,12	1,28
		300	0,090	0,110	1,55	1,83
		600	0,175	0,200	3,07	3,49
12	Вироби теплоізоляційні перлітоцементні та перлітогіпсові	300	0,098	0,108	0,92	1,26
		450	0,118	0,202	1,89	2,63
13	Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні	250	0,083	0,091	1,38	1,55
		300	0,098	0,110	1,64	1,85
		400	0,140	0,160	2,26	2,59
14	Целюлозний утеплювач	35	0,045	0,048	0,41	0,45
		50	0,048	0,052	0,50	0,57
		65	0,052	0,056	0,60	0,68
		100	0,066	0,070	0,85	0,97
15	Вироби цементополістирольні	250	0,09	0,1	1,29	1,45
		300	0,10	0,11	1,53	1,74
		400	0,12	0,15	2,02	2,33
		500	0,14	0,19	2,53	2,95
		550	0,15	0,21	2,78	3,28
16	Вироби перлітобітумні теплоізоляційні	300	0,09	0,099	1,84	1,95
		400	0,12	0,13	2,45	2,59
17	Піноскло	120	0,053	0,054	0,63	0,65
18	Блоки кремнезитоцементні	300	0,08	0,086	1,30	1,43
		400	0,09	0,096	1,59	1,75
		500	0,10	0,11	1,87	2,1

продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7
19	Вироби з арболіту на портландцементі	300	0,11	0,14	2,56	2,99
		400	0,13	0,16	3,21	3,70
		600	0,18	0,23	4,63	5,43
		800	0,24	0,3	6,17	7,16
20	Плити теплоізоляційні очеретяні	200	0,07	0,09	1,67	1,96
		300	0,09	0,14	2,31	2,99
21	Плити деревноволокнисті та деревностружкові	200	0,07	0,08	1,67	1,81
		400	0,11	0,13	2,95	3,26
		600	0,13	0,16	3,93	4,43
		800	0,19	0,23	5,49	6,13
		1000	0,23	0,29	6,75	7,7
1.4 Бетони теплоізоляційні						
22	Бетони ніздрюваті	200	0,069	0,074	1,01	1,09
		250	0,078	0,088	1,20	1,32
		300	0,09	0,10	1,41	1,54
		350	0,10	0,12	1,60	1,83
23	Вермикулітобетон	400	0,11	0,13	1,94	2,29
		600	0,16	0,17	2,87	3,21
		800	0,23	0,26	3,97	4,58
1.5 Матеріали теплоізоляційні засипні						
24	Щебінь перлітовий	300	0,115	0,12	1,42	1,51
25	Гравій шлаковий	300	0,12	0,13	1,56	1,65
26	Щебінь шлаковий	350	0,17	0,19	2,00	2,16
27	Вермикулітова засипка	100	0,067	0,08	0,66	0,75
		150	0,074	0,098	0,84	1,02
		200	0,08	0,105	1,01	1,16
		250	0,09	0,11	1,20	1,39
28	Гравій керамзитовий	200	0,11	0,12	1,22	1,3
		300	0,12	0,13	1,56	1,66
		400	0,13	0,14	1,87	1,99
		600	0,17	0,2	2,62	2,91
29	Щебінь шлакопемзовий	800	0,21	0,23	3,36	3,6
		400	0,14	0,16	1,94	2,12
		500	0,16	0,19	2,32	2,59
		600	0,18	0,21	2,70	2,98
30	Крихта з піноскла	700	0,19	0,23	2,99	3,37
		800	0,21	0,26	3,36	3,83
		31	Пісок для будівельних робіт	80	0,070	0,071
31	Пісок для будівельних робіт	1600	0,47	0,58	6,95	7,91

продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7
1.6 Розчини теплоізоляційні						
32	Розчини цементно-перлітові	600	0,19	0,23	3,24	3,84
		800	0,21	0,26	3,73	4,51
		1000	0,26	0,30	4,64	5,42
33	Розчини гіпсоперлітові	400	0,13	0,15	2,03	2,35
		500	0,15	0,19	2,44	2,95
34	Розчини цементно-кремнезитові	200	0,072	0,08	1,03	1,17
		300	0,082	0,09	1,34	1,52
35	Розчини цементно-шлакові	1200	0,47	0,58	6,16	7,15
		1400	0,52	0,64	7,0	8,11
36	Розчини цементно-пінополі-стирольні	600	0,12	0,17	2,33	3,06
37	Вироби на основі перліту	320	0,091	0,095	1,49	1,63
		330	0,096	0,104	1,63	1,82
		370	0,107	0,115	1,69	1,87
		450	0,13	0,14	2,14	2,44
2 КОНСТРУКЦИНО-ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ						
2.1 Бетони ніздрюваті						
38	Бетони ніздрюваті	300	0,09	0,10	1,41	1,54
		350	0,10	0,12	1,60	1,83
		400	0,11	0,13	1,84	2,1
		500	0,15	0,16	2,38	2,48
		600	0,16	0,18	2,65	2,9
		700	0,24	0,27	3,66	3,98
		800	0,27	0,30	4,16	4,51
		900	0,33	0,36	4,82	5,23
		1000	0,38	0,44	5,72	6,59
		1100	0,45	0,51	6,74	7,74
		1200	0,49	0,55	7,37	8,48
39	Газо- та пінозобетон	1000	0,44	0,5	6,86	8,01
		1200	0,52	0,58	8,17	9,46
2.2 Бетони легкі						
40	Керамзитобетон на керамзитовому піску	600	0,20	0,26	3,03	3,78
		800	0,24	0,31	3,83	4,77
		1000	0,33	0,41	5,03	6,13
		1200	0,44	0,52	6,36	7,57
		1400	0,56	0,65	7,75	9,14
		1600	0,67	0,79	9,06	10,77
		1800	0,80	0,92	10,5	12,33

продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7
41	Керамзитобетон на кварцовому піску з поризацією	800	0,29	0,35	4,13	4,9
		1000	0,41	0,47	5,49	6,35
		1200	0,52	0,58	6,77	7,72
42	Керамзитобетон на перлітовому піску	800	0,29	0,35	4,54	5,32
		1000	0,35	0,41	5,57	6,43
43	Керамзитшлакобетон	1000	0,33	0,41	5,06	5,91
44	Перлітобетон	600	0,19	0,23	3,24	3,84
		800	0,27	0,33	4,45	5,32
		1000	0,33	0,38	5,5	6,38
		1200	0,44	0,5	6,96	8,01
45	Шлакопемзобетон	1000	0,31	0,37	4,87	5,63
		1200	0,37	0,44	5,83	6,73
		1400	0,44	0,52	6,87	7,9
		1600	0,52	0,63	7,98	9,29
46	Бетон на доменних гранульованих шлаках	1200	0,47	0,52	6,57	7,31
		1400	0,52	0,58	7,46	8,34
		1600	0,58	0,64	8,43	9,37
47	Бетон на зольному гравії	1000	0,30	0,35	4,79	5,48
		1200	0,41	0,47	6,14	6,95
		1400	0,52	0,58	7,46	8,34
2.3 Вироби гіпсові						
48	Плити з гіпсу	1000	0,29	0,35	4,62	5,28
		1200	0,41	0,47	6,01	6,7
49	Листи гіпсокартонні	800	0,19	0,21	3,34	3,66
2.4 Вироби бетонні						
50	Блоки кремнезитоцементні	700	0,21	0,23	3,28	3,63
		800	0,22	0,24	3,59	4,05
		1000	0,23	0,27	4,28	4,81
		1200	0,27	0,29	4,87	5,45
2.5 Деревина та вироби з неї						
51	Сосна та ялина поперек волокон	500	0,14	0,18	3,87	4,54
52	Сосна та ялина вздовж волокон	500	0,29	0,35	5,56	6,33
53	Дуб поперек волокон	700	0,18	0,23	5,0	5,86
54	Дуб вздовж волокон	700	0,35	0,41	6,9	7,83

продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7
55	Фанера клеєна	600	0,15	0,18	4,22	4,73
56	Картон облицювальний	1000	0,21	0,23	6,2	6,75
57	Картон будівельний багатощаровий	650	0,15	0,18	4,26	4,89
2.6 Цегляна кладка з порожнистої цегли						
58	Керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1600	0,58	0,64	7,91	8,48
59	Керамічної порожнистої густиною 1300 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1400	0,52	0,58	7,01	7,56
60	Керамічної порожнистої густиною 1000 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	1200	0,47	0,52	6,16	6,62
2.7 Кладка з виробів бетонних						
61	3 блоків керамзитопіщаноцементних на цементно-піщаному розчині густиною 800 кг/м ³ (брутто)	1350	0,37	0,43	5,06	5,91
62	3 блоків керамзитопіщаноцементних на цементно-піщаному розчині густиною 850 кг/м ³ (брутто)	1400	0,46	0,51	5,95	6,41
63	3 блоків кремнезитоцементних на вапняному розчині із сіопорового та кварцового піску	400	0,09	0,092	1,62	1,74
3 МАТЕРІАЛИ КОНСТРУКЦІЙНІ						
3.1 Бетони конструкційні						
64	Залізобетон	2500	1,92	2,04	17,98	18,95
65	Бетон на гравії або щебені з природного каменю	2400	1,74	1,86	16,77	17,88

продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7
3.2 Розчини будівельні						
66	Розчин вапняно-піщаний	1600	0,70	0,81	8,69	9,76
67	Розчин складний (пісок, вапно, цемент)	1700	0,70	0,87	8,95	10,42
68	Розчин цементно-піщаний	1800	0,76	0,93	9,6	11,09
3.3 Облицювання природним каменем та керамічною плиткою						
69	Плити та вироби з природного каменю: -граніт, гнейс та базальт	2800	3,49	3,49	25,04	25,04
70	-мармур	2800	2,91	2,91	22,86	22,86
71	-вапняк	1600	0,73	0,81	9,06	9,75
		1800	0,93	1,05	10,85	11,77
		2000	1,16	1,28	12,77	13,7
72	-туф	1000	0,24	0,29	4,2	4,8
		1200	0,35	0,41	5,55	6,25
		1400	0,43	0,52	6,64	7,6
		1600	0,52	0,64	7,81	9,02
		1800	0,7	0,81	9,61	10,76
		2000	0,93	1,05	11,68	12,92
73	Плити керамічні для підлоги	2000	0,96	1,1	11,63	12,55
3.4 Кладка цегляна з повнотілої цегли						
74	Керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині	1800	0,70	0,81	9,2	10,12
75	Керамічної звичайної на цементно-шлаковому розчині	1700	0,64	0,76	8,64	9,7
76	Керамічної звичайної на цементно-перлітовому розчині	1600	0,58	0,70	8,08	9,23
77	Силікатної на цементно-піщаному розчині	1800	0,76	0,87	9,77	10,9
78	Трепельної на цементно-піщаному розчині	1000	0,41	0,47	5,35	5,96
		1200	0,47	0,52	6,26	6,49
79	Шлакової на цементно-піщаному розчині	1500	0,64	0,70	8,12	8,76

продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7
3.5 Матеріали покрівельні, гідроізоляційні, пароізоляційні та покриття полімерні для підлог						
80	Листи азбестоцементні	1600	0,35	0,41	6,14	6,8
		1800	0,47	0,52	7,55	8,12
81	Матеріали бітумні, бітумно-полімерні покрівельні та гідроізоляційні	1000	0,17	0,17	4,56	4,56
		1200	0,22	0,22	5,69	5,69
		1400	0,27	0,27	6,8	6,8
82	Асфальтобетон	2100	1,05	1,05	16,43	16,43
83	Руберойд, пергамін	1000	0,17	0,17	3,53	3,53
84	Мембрана ПВХ	1000	0,23	0,23	5,87	5,87
85	Пароізоляційна плівка	1600	0,3	0,3	8,56	8,56
86	Лінолеум полівінілхлоридний на теплоізоляційній підоснові	1600	0,33	0,33	7,52	7,52
		1800	0,38	0,38	8,56	8,56
87	Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі	1400	0,23	0,23	5,87	5,87
		1600	0,29	0,29	7,05	7,05
88	Лінолеум полівінілхлоридний багат шаровий та одношаровий без підоснови	800	0,17	0,17	3,32	3,32
		1200	0,21	0,21	4,51	4,51
3.6 Метали та скло						
89	Сталь арматурна	7850	58	58	126,5	126,5
90	Чавун	7200	50	50	112,5	112,5
91	Алюміній	2600	221	221	187,6	187,6
92	Латунь, мідь	8500	407	407	326	326
93	Скло віконне	2500	0,76	0,76	10,79	10,79

ДОДАТОК Д
Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі поверхонь
 Таблиця Д.1
Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі
внутрішньої $\alpha_в$ та зовнішньої $\alpha_з$ поверхонь
огороджувальних конструкцій

Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, $Вт/(м^2 \cdot К)$	
	$\alpha_в$	$\alpha_з$
Зовнішні стіни, суміщені покриття, перекриття над проїздами	8,7	23
Перекриття над холодними підвалами, що межують з холодним повітрям	8,7	17
Горищні покриття та перекриття, перекриття над неопалювальними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішні стіни з вентиляльованим повітряним прошарком, що вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	12
Горищні перекриття та перекриття над неопалювальними підвалами та техпідпіллями, що не вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	6
Вікна, двері балконні та входні, вітражі, зовнішні стіни з опорядженням світлопрозорими елементами	8,0	23
Зенітні ліхтарі	9,9	23

ДОДАТОК Е

Максимальна пружність водяної пари

Таблиця Е.1

Значення максимальної пружності водяної пари $E, \text{Па}$,
за різних температур повітря (при нормальному атмосферному тиску)

Ціла частина $t, ^\circ \text{C}$	Дробова частина $t, ^\circ \text{C}$									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
30	4244	4269	4294	4319	4344	4369	4394	4419	4445	4469
29	4006	4030	4053	4077	4101	4124	4148	4172	4196	4219
28	3781	3803	3826	3848	3871	3894	3916	3939	3961	3984
27	3566	3588	3609	3631	3652	3674	3695	3717	3793	3759
26	3362	3382	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3525	3544
25	3169	3188	3208	3227	3246	3266	3284	3304	3324	3343
24	2985	3003	3021	3040	3059	3077	3095	3114	3132	3151
23	2810	2827	2845	2863	2880	2827	2915	2932	2950	2968
22	2645	2661	2678	2695	2711	2727	2744	2761	2777	2794
21	2487	2504	2518	2535	2551	2566	2582	2598	2613	2629
20	2340	2354	2369	2384	2399	2413	2428	2443	2457	2473
19	2197	2212	2227	2241	2254	2268	2283	2297	2310	2324
18	2065	2079	2091	2105	2119	2132	2145	2158	2172	2185
17	1937	1950	1963	1976	1988	2001	2014	2027	2039	2052
16	1818	1830	1841	1854	1866	1878	1889	1901	1914	1926
15	1706	1717	1729	1739	1750	1762	1773	1784	1795	1806
14	1599	1610	1621	1631	1642	1653	1663	1674	1684	1695
13	1498	1508	1518	1528	1538	1548	1559	1569	1578	1588
12	1403	1413	1422	1431	1441	1451	1460	1470	1479	1488
11	1312	1321	1330	1340	1349	1358	1367	1375	1385	1394
10	1228	1237	1245	1254	1262	1270	1279	1287	1296	1304
9	1148	1156	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1218
8	1073	1081	1088	1096	1103	1110	1117	1125	1133	1140
7	1002	1008	1016	1023	1030	1038	1045	1052	1059	1066
6	935	942	949	955	961	968	975	982	988	995
5	872	878	884	890	896	902	907	913	919	925
4	813	819	825	831	837	843	849	854	861	866
3	759	765	770	776	781	787	793	798	803	808
2	705	710	716	721	727	732	737	743	748	753
1	657	662	667	672	677	682	687	691	696	700
0	611	616	621	626	630	635	640	645	648	653

Таблиця Е.2

Значення максимальної пружності водяної пари $E, \text{Па}$,
для від'ємних температур повітря
(при нормальному атмосферному тиску)

Ціла частина $t, ^\circ \text{C}$	Дробова частина $t, ^\circ \text{C}$									
	-0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9
-0	611	605	600	595	592	587	582	577	572	567
-1	562	557	552	547	543	538	534	531	527	522
-2	517	514	509	505	501	496	492	489	484	480
-3	476	472	468	464	461	456	452	448	444	440
-4	437	433	430	426	423	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	382	379	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	343	340
-7	337	336	333	330	327	324	321	318	315	312
-8	310	306	304	301	298	296	294	291	288	286
-9	284	281	279	276	274	272	269	267	264	262
-10	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239
-11	237	235	233	231	229	228	226	224	221	219
-12	217	215	213	211	209	208	206	204	202	200
-13	198	197	195	193	191	190	188	186	184	182
-14	181	180	178	177	175	173	172	170	168	167
-15	165	164	162	161	159	158	157	155	153	152
-16	150	149	148	146	145	144	142	141	139	138
-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	126
-18	125	124	123	122	121	120	118	117	116	115
-19	114	113	112	111	110	109	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94
-21	93	92	91	90	89	88	88	87	86	85
-22	84	83	82	81	81	80	80	79	78	77

ДОДАТОК Ж

Визначення температури поверхні кутка будівлі

Температура внутрішньої поверхні кутка будівлі визначається за формулою $\tau_{\angle} = \tau_{\theta} - \Delta\tau_{\angle}^{40} \cdot \frac{t_{\theta} - t_3}{40}$, де $\Delta\tau_{\angle}^{40}$ – зниження температури поверхні кутка будівлі по відношенню до температури гладі стіни τ_{θ} при різниці температур на її поверхнях $t_{\theta} - t_3 = 40^{\circ}\text{C}$. Визначається $\Delta\tau_{\angle}^{40}$ за графіком (рис. 8) в залежності від теплового (термічного) опору стіни R_K [7].

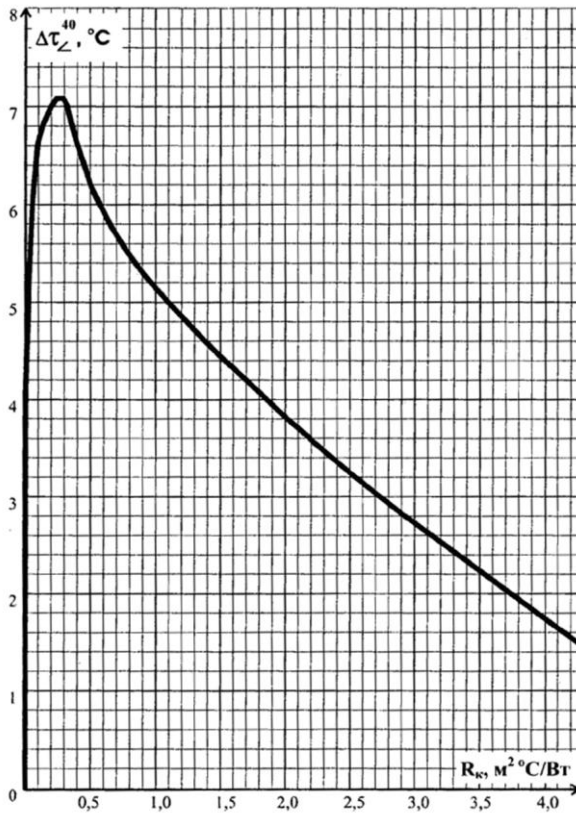


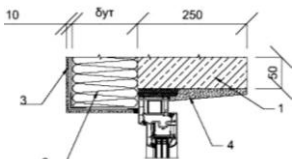
Рис. 8. Графік для визначення зниження температури в кутку будинку по відношенню до температури поверхні стіни у звичайному місці

ДОДАТОК И

ЛІНІЙНІ КОЕФІЦІЄНТИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ*

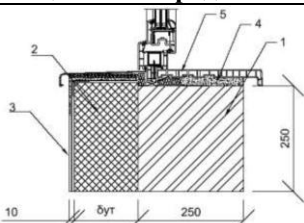
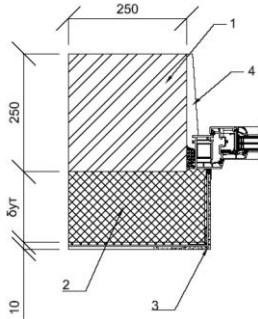
Таблиця И

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі лінійних теплопровідних включень

№ з/п	Тип теплопровідного включення, його характеристики	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, k , $Bm/(m \cdot K)$, залежно від параметрів теплоізоляційного шару			
		розрахункова теплопровідність, λ , $Bm/(m \cdot K)$	товщина теплоізоляції, δ_{yt} , мм		
1	2	3	4	5	6
	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з опорядженням штукатуркою в зоні перемички				
1	 <p>1 – залізобетон, $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; 2 – утеплювач мінераловатний; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – цементно-піщана стяжка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,045±0,005	120 мм	150 мм	180 мм
			0,081	0,081	0,08

* Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі лінійних теплопровідних включень для інших вузлів наведено в ДСТУ Б В-2.6-189:2013 у додатку Г

продовження табл. II

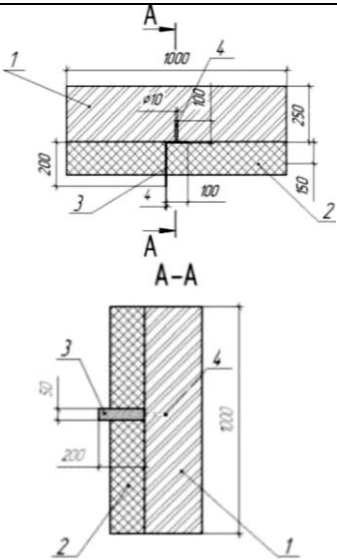
1	2	3	4	5	6
2	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з опорядженням штукатуркою в зоні підвіконня				
	 <p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – утеплювач мінераловатний; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – цементно-піщана стяжка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 5 – ПВХ підвіконня.</p>	0,045±0,005	120 мм	150 мм	180 мм
3	Вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін з цегли з опорядженням штукатуркою в зоні рядового сполучення				
	 <p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – утеплювач мінераловатний; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – цементно-піщана стяжка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,045±0,005	120 мм	150 мм	180 мм

ДОДАТОК К

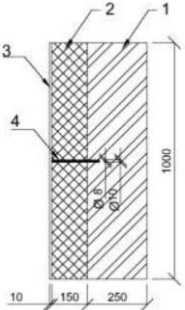
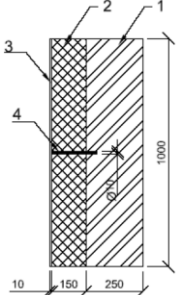
ТОЧКОВІ КОЕФІЦІЄНТИ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Таблица К

Значення точкових коефіцієнтів теплопередачі точкових теплопровідних включень

№ з/п	Тип теплопровідного включення, його характеристики	Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ , Bm/K , залежно від параметрів теплоізоляційного шару	
		розрахункова теплопровідність, λ , $Bm/(m \cdot K)$	товщина теплоізоляції, δ , mm
1	2	3	4
1	Вузол влаштування несучого кронштейну фасадної системи з вентильованим повітряним прошарком		150 мм
	 <p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – утеплювач мінераловатний; 3 – кронштейн з оцинкованої сталі, $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$; 4 – металевий анкер, $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$.</p>	0,045	0,015

продовження табл. К

1	2	3	4
2	Вузол влаштування пластикового дюбелю з металевим стрижнем для кріплення теплоізоляційного шару в фасадній системі з опорядженням штукатурками		
	 <p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – утеплювач мінераловатний; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – пластиковий дюбель з металевим стрижнем $\varnothing 10 \text{ мм}$.</p>	0,045	150 мм 0,005
3	Вузол влаштування пластикового дюбелю з пластиковим стрижнем для кріплення теплоізоляційного шару в фасадній системі з опорядженням штукатурками		
	 <p>1 – цегляна кладка, $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 – утеплювач мінераловатний; 3 – опоряджувальна штукатурка, $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; 4 – пластиковий дюбель з пластиковим стрижнем $\varnothing 10 \text{ мм}$.</p>	0,045	150 мм 0,0015

ДОДАТОК Л **Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами** **різниця температур**

Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції ΔT_{cz} , °C, встановлюється залежно від призначення будівлі і виду огорожувальної конструкції згідно з таблицею Л.1.

Таблиця Л.1

Допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між **температурою внутрішнього повітря і приведеною** **температурою внутрішньої поверхні огорожувальної** **конструкції ΔT_{cz} , °C**

Призначення будинку	Вид огорожувальної конструкції		
	Стіни (зовнішні, внутрішні)	Покриття та перекриття гориз	Перекриття над проїздами та підвалами
Житлові будинки, дитячі дошкільні заклади, навчальні заклади та заклади охорони здоров'я	4,0	3,0	2,0
Нежитлові будівлі, крім зазначених вище, адміністративні та побутові, за винятком приміщень з вологим або мокрим режимом експлуатації	5,0	4,0	2,5
Виробничі будівлі з сухим та нормальним режимом експлуатації	7,0	5,0	
Виробничі будівлі з вологим та мокрим режимом експлуатації	$t_e - t_p$	$0,8(t_e - t_p)$	
Виробничі будівлі з надлишками тепла (<i>більше ніж 23 Вт/м³</i>)	12	12	

ДОДАТОК М

Терміни та визначення понять

Теплоізоляційна оболонка будинку	система огорожувальних конструкцій будинку, що забезпечує збереження теплоти для опалення та/або охолодження приміщень
Огороджувальні конструкції	будівельні конструкції, що створюють теплоізоляційну оболонку будинку для збереження теплоти для опалення та/або охолодження приміщень, захисту від кліматичних впливів, поділу будинку на відокремлені частини або приміщення з різними температурними та вологісними умовами експлуатації
Непрозорі огорожувальні конструкції	ділянки теплоізоляційної оболонки будинку (стіни, покриття, перекриття тощо), до складу яких входить один і більше шарів матеріалів, що не пропускають видиме світло
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	ділянки теплоізоляційної оболонки будинку (вікна, балконні та входні двері, вітражі, фасадні системи, вітрини, ліхтарі тощо), що пропускають видиме світло
Коефіцієнт скління	відношення площі світлопрозорих огорожувальних конструкцій до загальної площі фасадної частини будинку
Багатошарова огорожувальна конструкція	огорожувальна конструкція, що складається за своїм перерізом із шарів матеріалу, теплофізичні характеристики яких відрізняються одне від одного не менше ніж на 20%
Теплостійкість приміщення	властивість конструкцій приміщення зберігати нормативну стабільність температури при коливаннях температури навколишнього середовища та теплової енергії на опалення
Опір теплопередачі	величина, що визначає здатність конструкції чинити опір тепловому потоку, що через неї проходить

Приведений опір теплопередачі	фізична величина, що характеризує усереднену за площею густину теплового потоку через фрагмент огорожувальної конструкції будинку в стаціонарних умовах теплопередачі, яка чисельно дорівнює відношенню перепаду температури по різні боки огорожувальної конструкції до осередненої за площею фрагмента густини теплового потоку через даний фрагмент конструкції при стаціонарних умовах теплопередачі
Лінійний коефіцієнт теплопередачі	поправковий член для визначення впливу лінійного теплопровідного включення термічно неоднорідної огорожувальної конструкції на її теплоізоляційні характеристики, що враховує кількість теплоти у Ватах, яка передається через теплопровідне включення довжиною 1 м при різниці температур по обидві сторони конструкції в 1 К та визначається на підставі двовірних розрахунків
Точковий коефіцієнт теплопередачі	поправковий член для визначення впливу точкового теплопровідного включення термічно неоднорідної огорожувальної конструкції на її теплоізоляційні характеристики, що враховує кількість теплоти у Ватах, яка передається через теплопровідне включення при різниці температур по обидві сторони конструкції в 1 К та визначається на підставі тривірних розрахунків
Коефіцієнт теплозасвоєння	фізичний параметр, що відображає здатність матеріалу сприймати теплоту при коливанні температури на його поверхні. Визначається відношенням амплітуди коливання теплового потоку (Вт) до амплітуди коливання температури (К) на одиничній площі поверхні матеріалу (м ²). Вимірюється за амплітуди коливання температури 24 год
Коефіцієнт теплообміну (тепловіддачі)	коефіцієнт, що визначає кількість теплоти, яка сприймається чи віддається 1 м ² поверхні конструкції за одиницю часу при різниці температури середовища і температури поверхні конструкції в 1 К

Основне поле конструкції	масив огорожувальної конструкції, що визначає її опір теплопередачі і не має теплопровідних включень
Теплопровідне включення	елемент огорожувальної конструкції, розташований в її об'ємі паралельно напрямку теплового потоку, який має термічний опір менший від термічного опору основного поля більш ніж на 20%
Термічна неоднорідність	наявність зон загальною площею більш ніж 2% від внутрішньої поверхні конструкції з температурами, відмінними від середньозваженої температури основного поля більше ніж на 2°C
Термічно однорідна конструкція	одношарова чи багатошарова огорожувальна конструкція, що не має у своєму об'ємі теплопровідних включень
Термічно неоднорідна огорожувальна конструкція	огорожувальна конструкція окремого приміщення, що має у своєму об'ємі теплопровідні включення, які призводять до термічної неоднорідності
Розрахункові умови експлуатації	розрахункові температура і вологість матеріалу, які визначають перенесення тепла і вологи через матеріал при його експлуатації в огорожувальних конструкціях
Замкнений повітряний прошарок	прошарок, що надійно огорожений від повітря приміщення та зовнішнього клімату конструктивними шарами зі спеціальною герметизацією притулів і швів
Термін ефективної експлуатації (розрахункова довговічність) теплоізоляційних виробів	експлуатаційний період, протягом якого виробники зберігають свої теплоізоляційні властивості на рівні проектних показників, що підтверджується результатами лабораторних випробувань і зазначено в умовних роках експлуатації (строку служби)